

文章编号: 1003-8701(2002)06-0034-04

施肥量和密度对水稻产量影响的研究

李熙英, 黄世臣, 权成武

(延边大学农学院, 吉林 龙井 133400)

摘 要:采用正交区组二次回归旋转组合设计,在大田条件下建立了不同氮、磷、钾施肥量和不同密度下的水稻生产函数模型。对模型进行效应分析结果表明,各因素对水稻产量的影响大小顺序为:施氮量>施磷量>施钾量>密度;氮肥和磷肥以及氮肥和钾肥之间在一定的范围内等产量线上均存在相互替代性;利用边际分析原理探索高产农艺方案,当施氮量为 189.4 kg/hm²、施磷量为 108.3 kg/hm²、施钾量为 144.1 kg/hm²、株距为 15.4 cm(16.2 穴/m²)时,可获得最高产量为 9 079.88 kg/hm²。

关键词:水稻产量;施肥量;密度;生产函数
中图分类号:S511.062 **文献标识码:**A

通 88-7 品种是 1998 年吉林省延边地区严重发生低温冷害以来推广的抗冷性较强的品种之一。为了探明通 88-7 品种的稳产高产栽培规律,1999~2000 年进行了不同氮、磷、钾施肥量和不同密度对水稻产量的影响试验,为本地区水稻抗冷和稳产高产栽培提供科学依据。

1 材料与方 法

本试验于 1999~2000 年在延边大学农学院教学农场进行,以通 88-7 为供试品种,施氮量(X₁)、施磷量(X₂)、施钾量(X₃)、株距(X₄)作为供试变量,采用正交区组二次回归旋转组合设计进行试验。试验的各变量水平值及编码见表 1。

表 1 变量水平及编码值(r=2)

编码	X ₁ (kg/hm ²)	X ₂ (kg/hm ²)	X ₃ (kg/hm ²)	X ₄ (cm)
r	210	120	200	25
1	175	90	150	20
0	140	60	100	15
-1	105	30	50	10
-r	75	0	0	5
变幅	35	30	50	5

本试验共设 30 个小区,每小区面积为 45 m²。氮肥以底、蘖、补、穗、粒肥分期施入,其比例为 4:1:2:2:1。尿素(含氮 46%)作为底、蘖、补肥施入;硝酸铵(含氮 34.4%)作为穗、粒肥施入;磷酸二铵(含 P₂O₅ 46%、含 N18%)全部作为底肥施入;硫酸钾(含 K₂O 50%)2/3 作为底肥施入,另 1/3 作为追肥和

穗肥一起施入。采用宽窄行插植方式,宽行为 50 cm,窄行为 30 cm。供试土壤有机质含量 2.45%,pH 值 6.21,全氮 0.29%,碱解氮 136.0 mg/kg,速效磷 10.8 mg/kg,速效钾 136.8 mg/kg。采用单灌滞留的灌溉方式,秋季测定产量。

2 结果与分析

2.1 氮、磷、钾和密度不同水平下的水稻生产函数模型的组建

本试验的结构矩阵、水稻产量实测值(Y)列于表 2。

表 2 结构矩阵、产量实测值和理论值

处理号	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y(kg/hm ²)	y(kg/hm ²)
第一区组	1	-1	-1	-1	5 567.5	5 532.976
	2	1	-1	-1	6 842.0	6 808.207
	3	-1	1	-1	6 632.3	6 546.675
	4	1	1	-1	8 203.9	8 133.843
	5	-1	-1	1	6 386.6	6 393.525
	6	1	-1	1	7 477.7	7 500.194
	7	-1	1	1	6 265.8	6 236.461
	8	1	1	1	8 947.0	8 918.392
	9	0	0	0	7 943.4	8 012.074
	10	0	0	0	8 038.9	8 012.074
第二区组	11	-1	-1	-1	5 925.4	5 952.285
	12	1	-1	-1	6 819.9	6 763.149
	13	-1	1	-1	6 049.3	6 003.268
	14	1	1	-1	8 230.5	8 303.002
	15	-1	-1	1	5 983.4	5 931.017
	16	1	-1	1	7 522.3	7 588.451
	17	-1	1	1	6 746.2	6 823.066
	18	1	1	1	8 712.8	8 706.033
	19	0	0	0	7 989.0	8 012.074
	20	0	0	0	8 075.4	8 012.074
第三区组	21	-γ	0	0	4 516.2	4 563.297
	22	γ	0	0	7 892.9	7 888.797
	23	0	-γ	0	6 197.7	6 203.680
	24	0	γ	0	7 966.9	8 003.913
	25	0	0	-γ	6 718.2	6 810.381
	26	0	0	γ	7 873.0	7 823.815
	27	0	0	0	6 957.2	7 072.364
	28	0	0	0	7 776.2	7 704.031
	29	0	0	0	8 059.3	8 012.074
	30	0	0	0	7 966.4	8 012.074

X² = 12.463

2.2 水稻生产函数的简单效应分析

对模型(1)式进行降维处理可得如下简单效应函数:

Y_N = 8012.074 + 831.375X₁ - 446.5068X₁²
Y_P = 8012.074 + 450.0583X₂ - 227.0693X₂²
Y_K = 8012.074 + 253.3583X₃ - 173.7441X₃²
Y_M = 8012.074 + 157.9167X₄ - 155.9692X₄²

根据上述简单效应函数绘出图 1。

图 1 中可见,施氮量、施磷量、施钾量、株距与水稻产量之间关系呈凸型曲线,其拐点的编码值分别为 0.93(172.6 kg/hm²)、0.99(89.7 kg/hm²)、0.73(136.5 kg/hm²)、0.51(17.5 cm)。各因素对水稻产量的简单效应大小顺序是:施氮量>施磷量>施钾量>密度。

2.3 水稻生产函数的互作效应分析

根据水稻生产函数模型(1)式,各互动项对水稻产量的影响大小顺序是:X₁X₂>X₁X₄>

根据表 2 的数据进行正交区组间的方差分析,正交区组之间差异不显著(F=0.89)。

按正交区组二次回归旋转组合设计原理,根据表 2 实测值拟合的水稻产量的编码值回归方程(不显著的回归系数已去掉)如下:

Y = 8012.074 + 831.375X₁ + 450.0583X₂ + 253.3583X₃ + 157.9167X₄ + 225.1X₁X₂ + 84.7499X₁X₃ - 93.5626X₁X₄ - 41.2126X₂X₃ - 446.5068X₁² - 227.0693X₂² - 173.7441X₃² - 155.9692X₄² (1)

根据(1)式得到的估算值(y)列于表 2。由表 2 可知,估算值(y)与实测值(Y)比较接近,X² 值较小,说明数学模型拟合的较好。

对回归模型进行方差分析,失拟方差不显著(F_{失拟} = 1.257),说明不存在其它显著影响本试验的因素。对回归模型的 F 检验结果分析,回归方差达极显著水平(F_{回归} = 378.573**),说明建立的回归模型是可靠的。

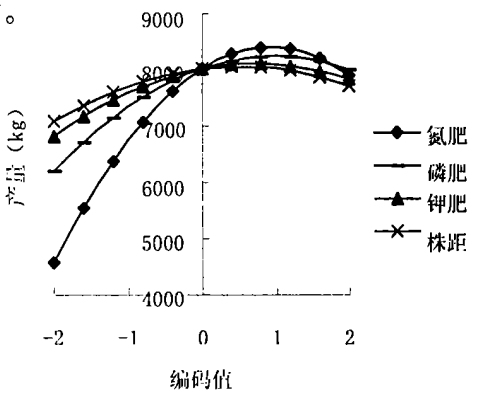


图 1 氮、磷、钾和密度的简单效应

$X_1X_3 > X_2X_3$, 其中本文只进行 X_1X_2 和 X_1X_3 的互作效应分析。

对水稻生产函数模型(1)式降维处理可得如下互作效应函数:

$$Y_{NP}=8\,012.074+831.375X_1+450.058\,3X_2+225.1X_1X_2-446.506\,8X_1^2-227.069\,3X_2^2\tag{2}$$

$$Y_{NK}=8\,012.074+831.375X_1+253.358\,3X_3+84.749\,9X_1X_3-446.506\,8X_1^2-173.744\,1X_3^2\tag{3}$$

根据(2)式,以施氮量为纵坐标,以施磷量为横坐标,绘出 8 000 kg 和 8 500 kg 等的氮磷等产量线(图 2)。

由图 2 可知,本试验的氮磷等产量线为椭圆形,椭圆的中心为最高产量点。等产量线的主要意义在于:在同一条等产量线上任意一点的氮、磷组配均获得相同的产量。这意味着氮、磷在水稻生产中虽然起不同作用,但在一定的范围内(两条脊线之间)可以相互替换。

同样根据(3)式,可以绘出 8 000 kg 和 8 500 kg 等产量线(图 3)。

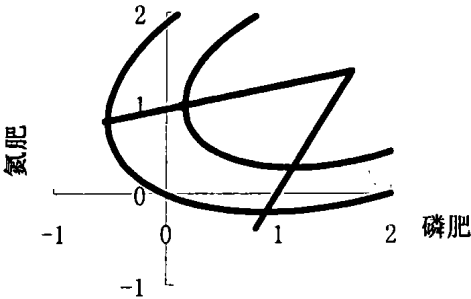


图 2 氮磷等产量线

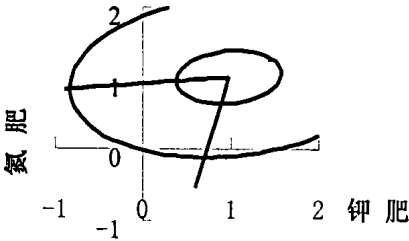


图 3 氮钾等产量线

由图 3 可知,在一定范围内(两条脊线之间)等产量线上氮和钾之间也存在相互替换性。

2.4 氮、磷、钾和密度最佳组配的确定

根据边际分析原理,欲使产量达最大值,必须满足生产函数对各因素的一阶偏导数等于零。对水稻生产函数模型(1)取偏导数可得以下式:

$$\partial Y/\partial X_1=831.375+225.1X_2+84.749\,9X_3-93.562\,6X_4-893.013\,6X_1=0$$

$$\partial Y/\partial X_2=450.058\,3+225.1X_1-41.212\,6X_3-454.138\,6X_2=0$$

$$\partial Y/\partial X_3=253.358\,3+84.749\,9X_1-41.212\,6X_2-347.488\,26X_3=0$$

$$\partial Y/\partial X_4=157.916\,7-93.562\,6X_1-311.938\,4X_4=0$$

解此方程组得:

$$X_1=1.412\,1, X_2=1.610\,9, X_3=0.882\,3, X_4=0.082\,7$$

即当施氮量为 189.4 kg/hm²、施磷量为 108.3 kg/hm²、施钾量为 144.1 kg/hm²、株距为 15.4 cm(16.2 穴/m²)时,可获得的最高产量为 9 079.88 kg/hm²。

3 小结与讨论

采用正交区组二次回归旋转组合设计建立了水稻生产函数模型,检验结果表明,回归模型是可靠的。

简单效应分析结果表明:施氮量、施磷量、施钾量、株距与水稻产量之间关系呈凸型曲线,其拐点的编码值分别为 0.93(172.6 kg/hm²)、0.99(89.7 kg/hm²)、0.73(136.5 kg/hm²)、0.51(17.5 cm)。简单效应大小顺序为施氮量>施磷量>施钾量>密度。

交互效应分析结果表明:氮磷、氮钾的等产量线为椭圆形,在等产量线上(两条脊线之间)不同资源(氮磷或氮钾)之间均有一定的相互替换性。这一结果与吕龙石等研究结果相吻合。这种相互替换关系在农业防治病虫害等方面具有重要的意义。

根据边际分析原理获得的最佳农艺组配方案表明:当施氮量为 189.4 kg/hm^2 、施磷量为 108.3 kg/hm^2 、施钾量为 144.1 kg/hm^2 、株距为 15.4 cm (16.2 穴/m^2)时,可获得的最高产量为 $9\,079.88\text{ kg/hm}^2$ 。由于各地土壤条件、气候、品种等差异较大,故本文的最佳农艺组配方案仅供参考。

参考文献:

[1] 张明年,崔满星,王友华·两优信粳 1 号高产低肥优化栽培模型研究[J]. 农业系统科学与综合研究,1999,15(4):282—285.

[2] 茆诗松·回归分析及其试验设计[M]. 上海:华东师范大学出版社,1981.

[3] 李仁岗·肥料效应函数[M]. 北京:农业出版社,1987.

[4] 吕龙石,李熙英·水稻氮磷等产量线及氮磷可替代性的研究[J]. 延边大学农学报,1998,20(2):84—87.

[5] 胡成霖,范荣喜·氮肥、磷肥、密度对小麦产量和品质的影响[J]. 安徽农学院学报,1991,18(1):34—37.

Study on the Effect of Fertilization and Density on Rice Yield

LI Xi-ying, HUANG Shi-chen, QUAN Cheng-wu

(Agricultural College of Yanbian University, Longjing 133400, China)

Abstract:The function model of rice yield under the different N, P, K applying amount and density in field was established by the orthogonally block twice regression rotation combination design. The result showed that: the order of the factors affecting rice yield was N applying amount>P applying amount>K applying amount>density. N, P or N, K are replaceable to some extent on the equal yield line. The analysis using the principle of border effect showed that a tiptop yield of $9\,079.8\text{ kg/hm}^2$ could be reached when N, P, K applying amount were 189.4 kg/hm^2 , 108 kg/hm^2 , 144.1 kg/hm^2 respectively and the planting density was 16.2 hole/m^2 .

Key words: Rice yield; Using fertilizer quantity; Density; Production function

大豆品种简介

吉育 54 号:由吉林省农科院大豆所育成,2001 年经吉林省农作物品种审定委员会审(认)定。

品种特征特性:该品种属中早熟品种,亚有限结荚习性,需 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温 $2\,500^{\circ}\text{C}$,生育期 120 d 左右。株高 70~80 cm,分枝 1~2 个,尖叶,白花,灰毛,荚熟时呈浅褐色。子粒圆形,种皮黄色有光泽,种脐浅黄色,百粒重 17g 左右。蛋白质含量 40.8%,脂肪含量 21.3%。人工接种鉴定为中抗大豆病毒病 1、3 号株系,田间自然发病鉴定为抗大豆病毒病、灰斑病、霜霉病和细菌性斑点病,较抗倒伏。

产量水平:1996~1999 年在区试中平均产量 $2\,011.4\text{ kg/hm}^2$,在 1999~2000 年生产试验中平均产量 $2\,502\text{ kg/hm}^2$,分别比对照品种吉林 33 增产 12%和 9.9%。

栽培要点及适应区域:播种期一般以 4 月末至 5 月初为宜,播种量为 65 kg/hm^2 ,保苗 22 万株/ hm^2 。在一般土壤条件下,公顷施 3 万 kg 有机肥作底肥,150 kg 磷酸二铵作种肥。适宜吉林省的白城、松原等中早熟区种植。